

Çoruh Nehri (Bayburt) Su Kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi

Nevim Birici^{1*}, Gökhan Karakaya¹, Tunay Şeker¹, Mehmet Küçükylmaz¹, Mustafa Balcı¹,
Nurten Özbey¹, Muharrem Güneş²

¹Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

²Erzincan Üniversitesi, Tercan Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü Erzincan, Türkiye

*Yazışmalardan sorumlu yazar: E-mail: nbirici@mynet.com

Makale gönderme tarihi: 12.04.2017, Makale kabul tarihi: 17.06.2017

Özet

Bu çalışma Çoruh Nehri'nin (Bayburt) su kalitesinin belirlenmesi amacıyla 2012-2014 yılları arasında mevsimsel olarak yürütülmüştür. Yüze suyu, Bayburt giriş ve çıkışı olmak üzere iki örnek noktasında yapılan örneklemlerle mevsimsel olarak incelenmiştir. Su örneklerinde sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, çözülmüş oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, toplam sertlik, Ca sertliği, toplam alkalinite, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, anyon (klorür, fosfat, sülfat, nitrit, nitrat) ve katyonlar (kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, amonyum) klorofil a gibi suyun fiziksel ve kimyasal parametreleri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Su kaynağı ile ilgili analizler çok değişkenli istatistiksel analizlerden ANOVA ve Box-plot grafikleri çizilerek incelenmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde su kaynağının çözülmüş oksijen doygunluğu ve nitrit parametreleri açısından II. sınıf diğer, parametreler açısından ise I. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çoruh nehri, su kalitesi, su kirliliği kontrol yönetmeliği

Evaluation of Coruh River (Bayburt) Water Quality in accord with Water Pollution Control Regulation

Abstract

This study has been conducted seasonally to determine the water quality of Coruh River (Bayburt) between the years 2012-2014. The surface water has been examined seasonally with samples from two sampling points, Bayburt inlet and outlet. In water samples the physical and chemical parameters of water such as pH, dissolved oxygen, dissolved oxygen saturation, electrical conductivity, suspended solid, total hardness, Ca hardness, total alkalinity, biological oxygen demand, chemical oxygen demand, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, anion (chloride, phosphate, sulphate (nitrite, nitrate) and cations (calcium, magnesium, sodium, potassium, ammonium) and chlorophyll a have been evaluated according to the Water Pollution Control Regulation of Inland Water Resources Criteria. Analyzes related to water resources have been examined by drawing ANOVA and Box-plot graphs from multivariate statistical analyzes. When the obtained findings are evaluated, it has been seen that the water source has second class water quality in terms of dissolved oxygen saturation and nitrite and has first class water quality in terms of other parameters.

Keywords: Coruh river, water quality, water pollution control regulation

GİRİŞ

Yeryüzündeki suların % 97.5'i okyanuslar ve denizlerden oluşmakla birlikte sadece % 2.5'inin tatlı su kaynağı olarak ulaşılabilir ve kullanılabilir olması bu kıt kaynaklarımızın önemini bir kat daha arttırmıştır (Shiklomanov ve Rodda, 2003). Yaşamı mükemmel, sağlıklı ve daha uzun sağlayabilmek amacı ile gelişen teknolojinin yaşamımıza getirdiği rahatlık aynı

zamanda, kırsal ve kentsel alanlarda doğal kaynakları tehdit eden kirlenme olaylarına da yol açmakta ve ekosistemin bozulmasına neden olmaktadır (Kiveşkan, 2014).

Günümüzde evsel ve endüstriyel atıklar gibi yaklaşık bir milyon kirletici, yüzeysel sulara verilmektedirler. Bu kirleticilerin bir kısmı alıcı ortamlarda istenmeyen tat ve koku oluşturmayarak, bir süre sonra mineralize olup

zararsız hale gelirken; pestisitler, radyoaktif maddeler ve ağır metaller gibi kirleticiler, canlı hayatı için tehlike oluşturmaktadırlar. Bu tehlike sadece sulardaki canlıları değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla insanları da etkilemektedir (Yılmaz, 2004; Gültekin ve ark. 2005).

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili ve akarsuları ile su açısından zengin olduğu düşünülen bir ülke olmakla birlikte kişi başına düşen su miktarı açısından dünya ortalamasının altında kalmaktadır. Nüfusun artması ve insanların su kaynaklarını bilinçsiz kullanmaları, yakın bir gelecekte su kaynakları ile ilgili çok ciddi problemlerin yaşanacağını düşündürmektedir.

Bu nedenle Ülkemizin gerek yerüstü ve gerekse yeraltı su kaynaklarının mevcut durumunun korunması, kirlenmesinin önlenmesi ve bunların en iyi bir şekilde kullanımının sağlanması için hukuki ve teknik esasların çok sıkı bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Akarsular, ulusal su ve sınır aşan su olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Eğer bir akarsu, bir ülkenin sınırları içinde doğup yine aynı ülkenin sınırları içinde denize dökülmekte ise ulusal su olarak tanımlanmaktadır. Türkiye sınırları içerisinde Bayburt ilinde doğan ve toplam uzunluğu 431 km olan Çoruh Nehri, kaynağını Mescit Dağları'ndan alarak il sınırlarına güney doğudan girmektedir. Çoruh Nehri'nin 410 km'lik kısmı Türkiye sınırları içerisinde, 21 km'lik kısmı ise Gürcistan sınırları içerisinde yer almakta olup, yine Gürcistan sınırları içinden Karadeniz'e dökülmektedir. Ülkemiz topraklarından doğmakla birlikte farklı ülke topraklarına geçmekte olan ve oradan denize dökülmesi nedeniyle ülkemizdeki beş adet sınır

aşan suda (Fırat-Dicle, Aras, Çoruh, Asi ve Meriç nehirleri) biri olan Çoruh Nehri Bayburt ilinin en önemli su kaynaklarından birisidir.

Ülkemizde yer alan birçok nehir, baraj gölü ve doğal göllerde bu su kaynaklarının durumlarını belirlemek amacıyla su kalitesi ile ilgili parametrelerin ölçümleri yapılmış ve yapılmaktadır (Verep ve ark. 2005; Küçük, 2007; Kazancı ve ark. 2008; Alpaslan ve ark. 2012; Bulut ve ark., 2012; Küçükyılmaz ve ark. 2014; Varol, 2015; Köktürk ve Atamanalp, 2015; Birici ve ark. 2016).

Bu çalışmada Bayburt ili sınırları içinden geçen Çoruh Nehri'nin bazı fizikokimyasal parametrelerinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre incelenmesi amaçlanmıştır. Daha önce bu su kaynağında su kalitesi ile ilgili bir çalışmaya rastlanamamıştır.

MATERYAL VE METOD

Çoruh nehrinden Bayburt giriş ve Bayburt çıkış olmak üzere 2 örnek noktası belirlenmiştir. Bayburt giriş örnekleme noktasının koordinatları $40^{\circ} 14' 19''$ D / $40^{\circ} 14' 33''$ K, Bayburt çıkış örnekleme noktasının koordinatları ise $40^{\circ} 13' 47''$ D / $40^{\circ} 15' 41''$ K olarak kaydedilmiştir. Koordinatların belirlenmesinde su numunelerinin o noktalardaki su niteliğini tanıtır olması, yerleşim alanlarına yakın olması, su akışının düzgün olduğu alanlar olması belirleyici olmuştur. Bu çalışma 2012-2014 yılları arasında mevsimsel olarak yürütülmüştür ve 2014 kış mevsiminde Bayburt giriş örnek noktasında suyun donmasından dolayı ölçüm yapılamamış, elde edilen bulguların değerlendirilmesi yedi mevsimsel veri üzerinden yapılmıştır. Örnek alma noktaları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çoruh Nehri (Bayburt) örnekleme noktaları

Örnekleme araçları ve 1 L hacimli polipropilen örnek şişeleri araziye çıkmadan önce laboratuvarında herhangi bir temizlik maddesi kullanmadan doğrudan yıkama fırçası ve musluk suyu ile temizlenmiş ve distile su ile durulanmıştır. Şişeler örnek noktalarında elle daldırma yöntemi ile farklı derinliklerden hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuş, kapakları kapatılmıştır. Alınan su örneklerine koruma amacıyla herhangi bir kimyasal madde eklenmemiş olup örneğe ait bilgi ve gözlemlerin bulunduğu notla etiketlenmiş ve soğuk bir ortamda muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir.

Suyun sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik gibi parametrelerinin ölçümleri arazi çalışması esnasında, YSI marka Multiplus arazi cihazı (kullanımdan önce kalibre edildikten sonra) ile yapılmıştır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) 5 günlük, karbonlu inkübasyon sonrası Hach LDO cihazı ile, askıda katı madde miktarı filtrasyon yöntemi ile, toplam alkalinite titrimetrik metotla, toplam sertlik EDTA titrimetrik metoduyla yapılmıştır. Spektrometrik yöntemlerde (kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam N, toplam P) Nova 60 spektrometre ve Dionex ICS-1000 model iyon kromatografi metodu kullanılmıştır. Klorofil *a* fluorometrik metotla, suda bulunan anyon (klorür, nitrit, nitrat, orto-fosfat, sülfat) ve katyonlar (sodyum,

amonyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum) ise Dionex ICS-1000 model iyon kromatografi cihazı kullanılarak fotometrik yöntemle (Wetzel ve Likens, 2000) tayin edilmiştir.

Analizler sonucunda elde edilen verilerin analizi için EXCEL ve SPSS 20 bilgisayar paket programı kullanılarak iki istasyondan elde edilen verilerin minimum, maksimum, ortalama ve standart hataları belirlenmiştir. Bu çalışmada istasyonlar arasındaki farklılıkların önem derecesinin tespiti ve mevsimsel farklılıkların belirlenmesi için varyans analizi (ANOVA) ve Box-Plot grafikleri kullanılmıştır.

Akarsu ve nehirlerle ait kimyasal analizlerin sonuçları 2872 Sayılı Çevre Kanunu'na dayanılarak çıkarılmış olan 31.12.2004 tarihli 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair 13 Şubat 2008 tarih ve 26786 sayılı Resmi Gazete yayımlanan yönetmeliklere göre değerlendirilmiştir (Anonim 2008).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çoruh nehrinden Bayburt giriş ve çıkışı olmak üzere belirlenen istasyonlarda 2012-2014 yılları arasında ölçümü yapılan fizikokimyasal parametrelerin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

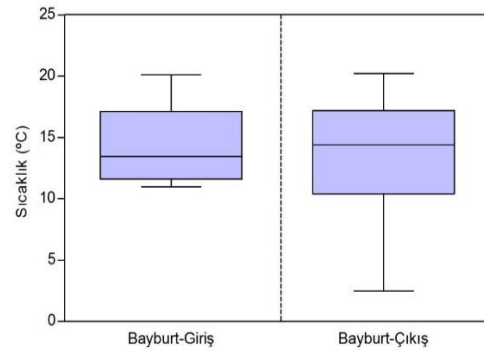
Çizelge 1. Çoruh Nehri'nde (Bayburt) fizikokimyasal parametrelerin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata değerleri

Parametreler	Birimler	I. İstasyon		II. İstasyon	
		Min-Max	Ort±SS	Min-Max	Ort±SS
Sıcaklık	°C	0-20.1	12.9±6.5	2.5-20.2	11.9±6.5
pH		7.3-8.2	7.6±0.3	7.2-8.5	7.7±0.4
Çözünmüş Oksijen	mg O ₂ L ⁻¹	7.9-11.3	9.0±1.2	6.7-11.7	8.6±1.7
Oksijen Doygunluğu	%	76-92	84±5.7	75-94	81±7
Elektriksel İletkenlik	µS cm ⁻¹	162-404.0	316±83.1	303-481	374±62
BOİ ₅	mg L ⁻¹	0.1-2.9	1.17±1.0	0.19-4.77	2.16±1.59
KOİ	mg L ⁻¹	1.0-5.5	3.44±1.4	1.70-6.80	3.73±1.87
NH ₄ -N	mg L ⁻¹	0.0-0.1	0.072±0.1	0.005-0.496	4.10±1.59
NO ₂ ⁻ -N	mg L ⁻¹	0.001-0.036	0.012±0.016	0.000-0.045	0.015±0.017
NO ₃ ⁻ -N	mg L ⁻¹	0.9-1.7	1.267±0.3	0.998-2.576	1.681±0.466
Toplam AKM	mg L ⁻¹	10.0-30.0	16.29±7.3	10.0-40.0	17.13±10.3
Ca Sertliği	mg L ⁻¹	77.1-113.8	94.20±17.1	71.98-153.91	112.16±25.77
Toplam Sertlik	mg CaCO ₃ L ⁻¹	57.3-218	161±55.1	88-222	183±50
Alkalinite	mg CaCO ₃ L ⁻¹	98.4-196.9	127.25±35.2	61.21-213.25	125.76±44.52
Klorür	mg L ⁻¹	1.7-15.22	13.84±1.3	1.85-3.80	2.90±0.75
Klorofil <i>a</i>	mg L ⁻¹	0.1-1.0	0.48±0.4	0.00-5.34	1.44±1.97
Fosfat	mg L ⁻¹	0.0-0.009	0.002±0.003	0.001-0.028	0.008±0.010
Sülfat	mg L ⁻¹	14.7-17.5	16.07±0.9	14.06-19.76	16.97±1.68
Kalsiyum	mg L ⁻¹	65.2-81.1	73.57±5.9	63.75-86.97	78.80±9.17
Magnezyum	mg L ⁻¹	11.7-24.9	15.22±4.4	11.74-15.24	13.70±1.22
Sodyum	mg L ⁻¹	7.8-19.7	11.52±3.9	8.17-16.16	12.02±2.58
Potasyum	mg L ⁻¹	1.2-2.0	1.68±0.3	1.32-3.85	2.46±0.78

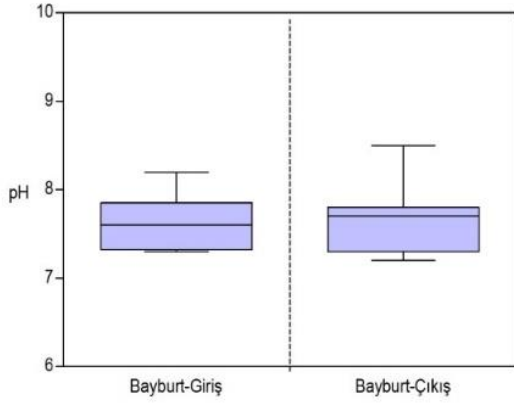
Akarsu ekosistemlerinde su sıcaklığı, suyun akış hızına, hacmine, derinliğine, akarsu tabanının jeolojik ve kimyasal yapısına ve hava sıcaklığına bağlı olarak değişir (Wetzel, 2001). Çalışma alanında su sıcaklığı mevsimsel değişikliklere uygun bir dağılım göstermiştir. En düşük su sıcaklığı 2012 yılı şubat ayında 0 °C olarak Bayburt giriş noktasında ölçülürken en yüksek sıcaklık Bayburt çıkış noktasında 20,2°C olarak 2012 yılı temmuz ayında ölçülmüştür. İki istasyonda çalışma süresince ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalaması 12±6.69 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kriterlerine göre su sıcaklığı açısından I. sınıf su kalitesinde olan su kaynağında istasyonlar arasındaki farklılık önemli bulunmazken ($p>0.05$), örneklerin alınma zamanına göre farklılığın anlamlı ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Suyun asitlik özelliğinin bir göstergesi olan pH, sudaki canlı yaşamını etkileyen önemli faktörlerdendir. Birçok balık türü pH 6.5-8.5 aralığında olan sularda iyi gelişim gösterir (Arrignon, 1976; Dauba, 1981). Çalışma süresince pH değerinin en düşük olduğu

zaman dilimi 2013 yılı ağustos ayında Bayburt çıkış noktasında 7.2 olarak ölçülmüştür. En yüksek ölçüm ise yine Bayburt çıkış noktasında 2014 yılı ocak ayında 8.5 olarak gerçekleşmiştir. Tüm zamanlardaki pH ölçümlerinin ortalaması 7.7±0.40 olarak belirlenmiştir (Şekil 3). pH değeri açısından istasyonlar arasında ve mevsimsel farklılık anlamlı ($p>0.05$) bulunmayıp, elde edilen değerler su kaynağının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kriterleri açısından uygun olduğu belirlenmiştir.



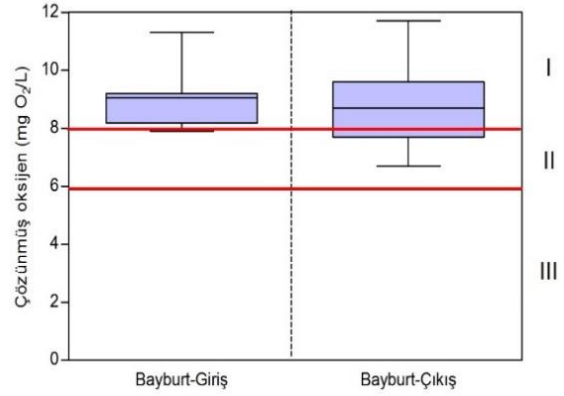
Şekil 2. Sıcaklık dağılımı diyagramı



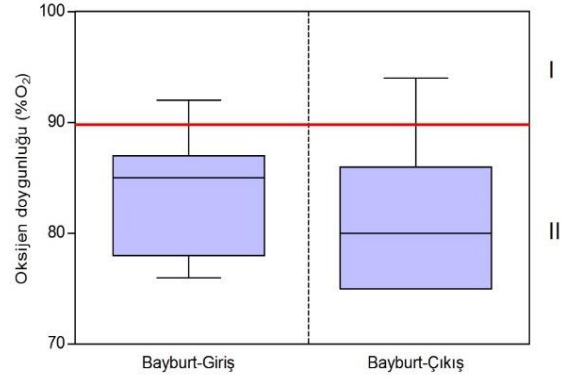
Şekil 3. pH'nın istasyonlara göre dağılımı

Sucul canlılar için yaşamsal önem arzeden çözünmüş oksijenin kirlenmemiş doğal sularda genellikle 10 mg L^{-1} civarında olduğu, oksijen konsantrasyonunun 5 mg L^{-1} 'in altına düştüğü durumlarda biyolojik toplulukların olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (Şişli, 1999). İzlenen suda çözünmüş oksijen miktarı Bayburt çıkış noktasında 2012 yılı mayıs ayında 6.7 mg L^{-1} olarak en düşük ölçülürken, en yüksek değer yine Bayburt çıkış noktasında 11.7 mg L^{-1} olarak 2014 yılı ocak ayında ölçülmüştür. Çalışmanın yapıldığı süre boyunca tüm mevsimlerde her iki istasyonun çözünmüş oksijen değerinin ortalaması $8.8 \pm 1.56 \text{ mg L}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4). Su kaynağı çözünmüş oksijen değeri ortalaması açısından Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kriterlerine göre I. sınıf su kalitesinde bulunurken çözünmüş oksijen değeri açısından istasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Çözünmüş oksijen doygunluğu mayıs 2013'de Bayburt çıkış noktasında % 94 olarak en yüksek, en düşük değer ise yine Bayburt çıkış noktasında % 75 olarak mayıs, temmuz 2012 ve 2013 yılı ekim aylarında gerçekleşmiştir. Her iki istasyonun çözünmüş oksijen doygunluğu ortalaması 83 ± 6.5 olarak bulunurken, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kriterlerine göre suyun II. sınıf su kalitesinde olduğu saptanmıştır (Şekil 5). Oksijen doygunluğu açısından istasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur.

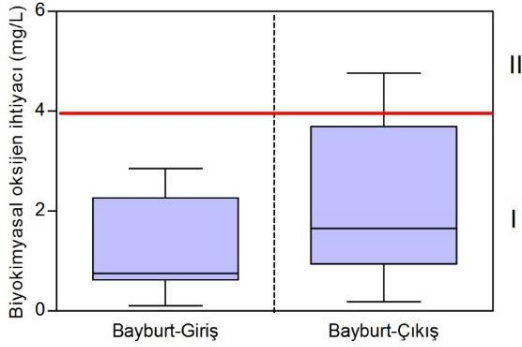
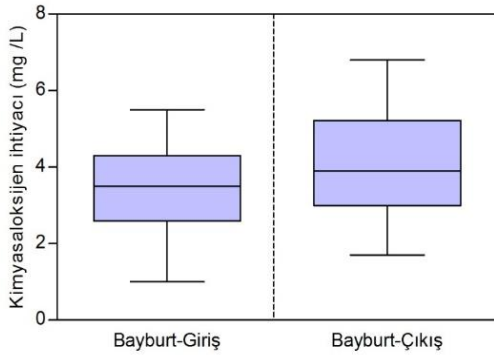


Şekil 4. Örnek noktalarında ÇO değerleri



Şekil 5. % ÇOD dağılımı

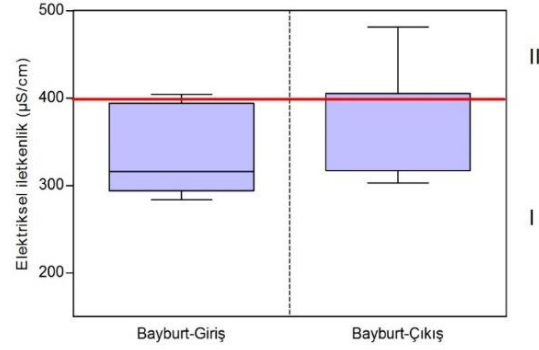
Çoruh nehrinde en düşük BOI_5 konsantrasyonu $0.11 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ ile 2012 yılı ilkbahar mevsiminde Bayburt giriş noktasında, en yüksek ölçüm ise $4.77 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ ile 2014 yılı kış mevsiminde Bayburt çıkış noktasında belirlenmiştir (Şekil 6). Ortalama BOI_5 konsantrasyonu 1.79 ± 1.52 olan su kaynağı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterlerine göre I. Sınıf su kalitesindedir. BOI_5 parametresi açısından istasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılığın önemli olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

Şekil 6. BOI₅ konsantrasyonunun dağılımı

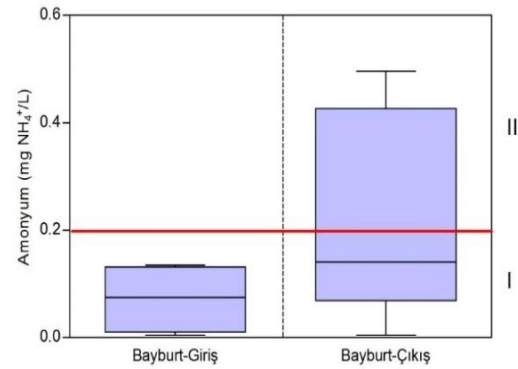
Şekil 7. KOİ konsantrasyonunun dağılımı

KOİ konsantrasyonunun en düşük olduğu ölçüm 2013 yılı yaz mevsiminde $1.00 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ olarak Bayburt giriş noktasında belirlenirken, en yüksek ölçüm $6.80 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ olarak Bayburt çıkış noktasında 2014 yılı kış mevsiminde yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin ortalaması 3.81 ± 1.68 olarak hesaplanmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterlerine göre I. sınıf su kalitesinde olan suda istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir (Şekil 7).

İletkenlik sudaki iyon miktarını göstermesi açısından önemlidir. Araştırma alanında en düşük ölçüm Bayburt giriş noktasında 2012 yılı ekim ayında $162 \mu\text{S cm}^{-1}$ olarak gerçekleşmiştir. En yüksek ölçüm ise yine Bayburt çıkış noktasında Mayıs 2012'de $481 \mu\text{S cm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 8). Çalışma süresince elde edilen ölçümlerin ortalaması 344 ± 88.4 olmuştur. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kriterlerine göre I. sınıf olan su kaynağında, istatistiksel olarak istasyonlar arasındaki ve mevsimsel farklılığın iletkenlik değeri açısından önemsiz ($p > 0.05$) olduğu belirlenmiştir.



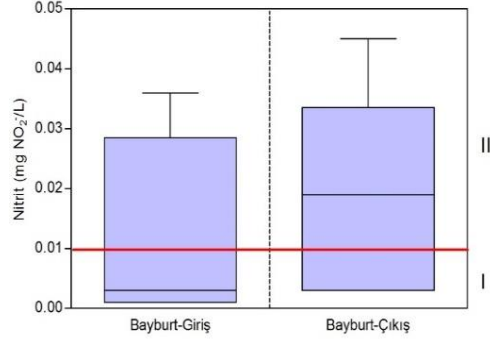
Şekil 8. EC konsantrasyonunun dağılımı

Şekil 9. NO₄⁻-N konsantrasyonunun dağılımı

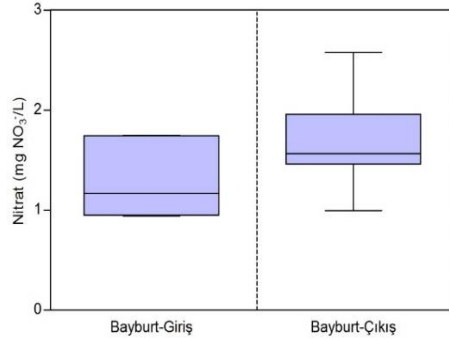
Amonyum iyonu suda yaşayan organizmalar için önemli ölçüde toksik değildir. Ancak yüksek pH ve sıcaklığa bağlı olarak amonyum amonyağa dönüşerek su ortamı içindeki balık yaşamı ve diğer canlılar için toksik hale gelebilmektedir (Ünlü ve ark., 2008). Araştırma alanında NH₄-N konsantrasyonunun ortalaması 0.169 ± 0.175 olarak hesaplanmıştır. En düşük ölçüm 0.005 mg L^{-1} olarak 2013 yılı sonbaharda en yüksek konsantrasyon ise 2013 yılı yaz mevsiminde 0.496 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür (Şekil 9). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterlerine göre I. sınıf su kalitesinde olan suyun istasyonlar arasındaki ve mevsimsel farklılığının anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

Doğal sularda amonyum gibi nitrit miktarının da çoğunlukla düşük olduğu bilinmektedir. Çoruh Nehri'nde en düşük NO₂⁻-N konsantrasyonu 0.00 mg L^{-1} olarak 2013 yılı ilkbahar mevsiminde Bayburt çıkış noktasında, en yüksek konsantrasyon ise 0.045 mg L^{-1} olarak yine Bayburt çıkış noktasında 2013 yılı yaz mevsiminde ölçülmüştür (Şekil 10). Tüm ölçümlerin ortalaması 0.015 ± 0.016 olurken suyun Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterlerine göre II. sınıf su kalitesinde ve

istatistiksel olarak farklılığın önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir.



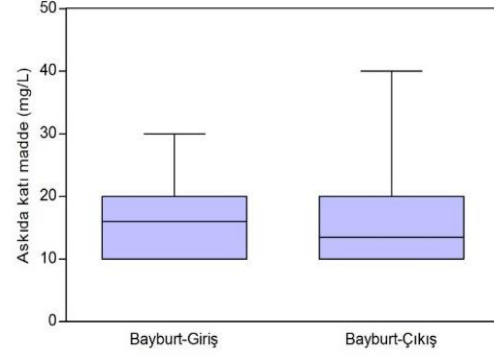
Şekil 10. NO_2^- -N konsantrasyonunun dağılımı



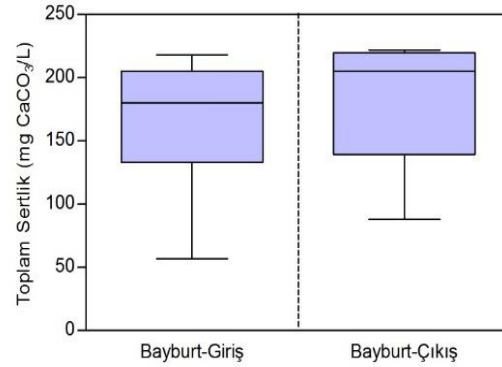
Şekil 11. NO_3^- -N konsantrasyonunun dağılımı

Çoruh Nehri'nde NO_3^- -N konsantrasyonunun en düşük belirlendiği zaman dilimi 2013 yılı yaz mevsiminde 0.943 mg L^{-1} olurken, en yüksek konsantrasyon 2.576 mg L^{-1} ile 2014 yılı kış mevsiminde ölçülmüştür. Elde edilen ölçümlerin ortalaması 1.520 ± 0.505 bulunmuştur ve bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterleri açısından suyun I. sınıf kalitede olduğunu göstermektedir. NO_3^- konsantrasyonu açısından istatistiksel farklılık önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Şekil 11).

Suların berraklığı suda bulunan askıda katı madde miktarı, su derinliği, mevsim, çevre yükseltisi ve gün uzunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Askıda katı madde miktarı konsantrasyonu Bayburt giriş ve Bayburt çıkış noktalarında 2012 ve 2013 yıllarında ölçüm yapılan mevsimlerin genelinde en düşük 10.0 mg L^{-1} olarak ölçülürken en yüksek değer Bayburt çıkış noktasında kış mevsiminde 2014 yılı şubat ayında 40.0 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür (Şekil 12). Ortalama askıda katı madde miktarı 17.71 ± 9.82 olurken AKM değeri açısından istasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.



Şekil 12. AKM dağılımı



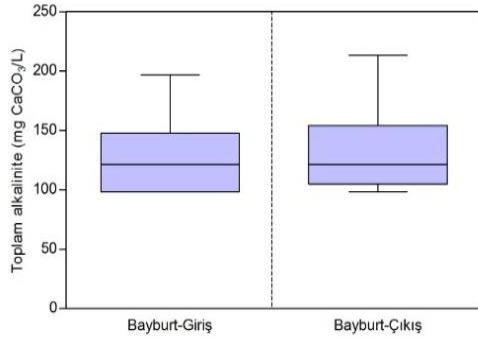
Şekil 13. Toplam sertlik konsantrasyonu dağılımı

En düşük Ca sertliği 71.98 mg L^{-1} olarak Bayburt çıkış suyunda 2013 yılı yaz mevsiminde, en yüksek konsantrasyon ise 153.91 mg L^{-1} ile yine Bayburt çıkışında 2012 yılı sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. Toplam sertlik değerinin 2013 yılı kış mevsiminde en yüksek konsantrasyonda olduğu görülürken ortalama sertlik değeri 169 ± 56 olarak hesaplanmıştır (Şekil 13). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterleri açısından suyun I. sınıf kalitede olan suda istatistiksel olarak farklılık önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

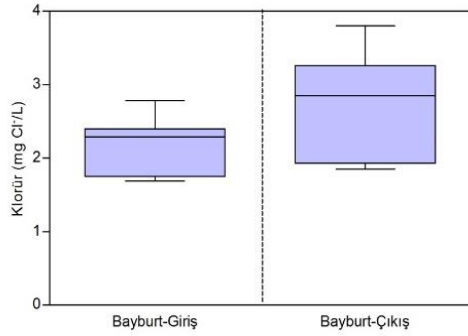
Alkalinite konsantrasyonunun ortalaması 127.72 ± 44.10 olurken en düşük konsantrasyon 2013 yılı yaz mevsiminde 61.21 mg L^{-1} , en yüksek konsantrasyon ise 213.25 mg L^{-1} olarak 2012 yılı ilkbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 14). Alkalinite konsantrasyonu açısından istasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Klorür (Cl^-), sulara çok yaygın bulunan iyonlardan biridir. Klorür iyonu sulara 1 mg L^{-1} 'den birkaç bin mg L^{-1} 'ye kadar bulunabilir. Çalışma alanında 2013 yılı ilkbahar mevsiminde 1.69 mg L^{-1} olarak en düşük Bayburt çıkış suyunda belirlenirken, en yüksek ölçüm 8.16 mg L^{-1} olarak Bayburt giriş suyunda belirlenmiştir.

L^{-1} konsantrasyonla Bayburt çıkış suyunda 2014 yılı kış mevsiminde ölçülmüştür (Şekil 15). Bütün ölçümlerin ortalaması 3.25 ± 2.17 olarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterleri açısından I. sınıf kalitede bulunmuştur. Klorür konsantrasyonu açısından istasyonlar arasındaki fark önemli ($p < 0.05$) bulunurken mevsimler arasındaki fark anlamlı ($p > 0.05$) bulunmamıştır.



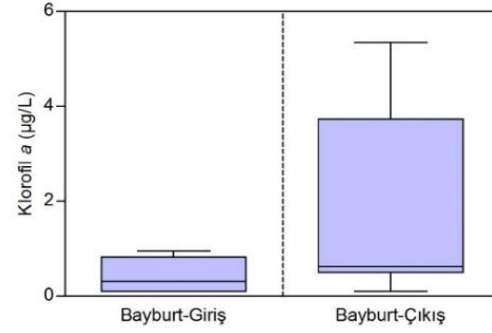
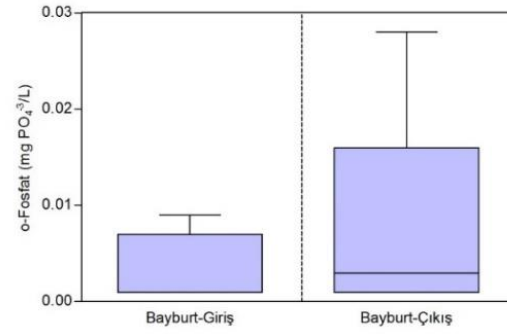
Şekil 14. Toplam Alkalinitenin dağılımı



Şekil 15. Klorür konsantrasyonu

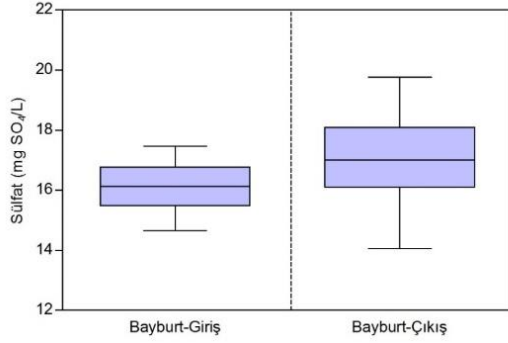
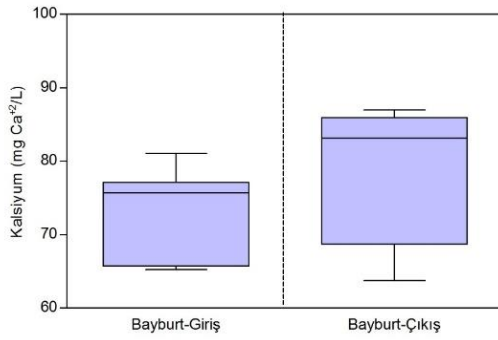
Klorofil *a* miktarının en yüksek olduğu ölçüm 2012 yılı ilkbahar mevsiminde 5.34 mg m^{-3} olarak belirlenirken tüm ölçümlerin ortalaması 1.19 ± 1.72 olarak bulunmuştur (Şekil 16). Klorofil *a* konsantrasyonu açısından istasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur.

İzlenen suda en düşük fosfat konsantrasyonu Bayburt Giriş noktasında 2013 yılı mayıs ve temmuz aylarında ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon ise 0.028 mg L^{-1} olarak 2014 yılı kış mevsiminde Bayburt çıkışında ölçülmüştür (Şekil 17). Ortalama fosfat konsantrasyonu 0.006 ± 0.009 olurken, çalışma alanı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterleri açısından I. sınıf kalitede belirlenmiştir. İstasyonlar arasındaki fark önemsiz ($p > 0.05$), mevsimler arasındaki farkın ise anlamlı ($p < 0.05$) olduğu bulunmuştur.

Şekil 16. Klorofil *a* konsantrasyonuŞekil 17. PO_4 konsantrasyonu dağılımı

Sülfat konsantrasyonu açısından yapılan değerlendirmelerde en düşük miktarın Bayburt çıkış noktasında 2012 yılı sonbahar mevsiminde 14.06 mg L^{-1} olarak tespit edildiği en yüksek konsantrasyonun ise 19.76 mg L^{-1} olarak yine Bayburt çıkış noktasında gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 18). Ortalama sülfat konsantrasyonunun 16.59 ± 1.61 olduğu suyun Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterleri açısından I. sınıf kalitede olduğu belirlenmiştir. İstasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur.

İzlenen suda en düşük kalsiyum konsantrasyonu 2012 yılı yaz mevsiminde 63.75 mg L^{-1} olarak Bayburt çıkış noktasında en yüksek konsantrasyon da 86.97 mg L^{-1} olarak 2014 yılı kış mevsiminde yine Bayburt çıkış noktasından elde edilmiştir (Şekil 19). Bütün ölçümlerin ortalaması 76.24 ± 8.30 olmuştur. İstatistiksel olarak farklılık önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur.

Şekil 18. SO₄ konsantrasyonu dağılımı

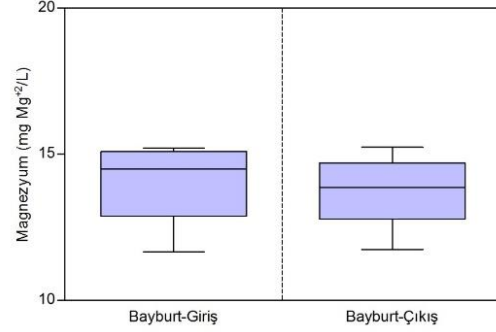
Şekil 19. Kalsiyum konsantrasyonu

Örnek noktalarında magnezyum konsantrasyonu en düşük 2012 yılı ilkbahar mevsiminde 11.67 mg L⁻¹ olarak ölçülürken en yüksek konsantrasyon yine 2012 yılı sonbahar mevsiminde 24.90 mg L⁻¹ olarak en yüksek belirlenmiştir (Şekil 20). Ortalama magnezyum konsantrasyonu 14.87±3.84 olmuştur. İstasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz (p>0.05) bulunmuştur.

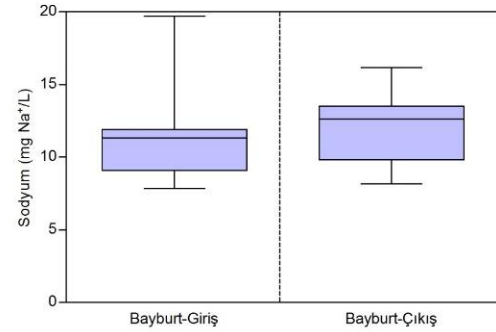
Sodyum konsantrasyonu Bayburt giriş suyuunda 2012 yılı ilkbaharda 7.85 mg L⁻¹ olarak en düşük ölçülürken en yüksek konsantrasyon 19.70 mg L⁻¹ olarak 2012 yılı sonbaharda ölçülmüştür (Şekil 21). Sodyum konsantrasyonunun ortalaması 12.02±3.56 olarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kriterleri açısından I. sınıf kalitede bulunmuştur. İstasyonlar arasındaki farklılık ve mevsimsel farklılık önemsiz (p>0.05) bulunmuştur.

Yapılan çalışmada potasyum ölçümlerinin en düşüğü 1.21 mg L⁻¹ ile 2012 yılı ilkbahar mevsiminde Bayburt giriş noktasında en yüksek ölçüm ise 3.85 mg L⁻¹ ile 2014 yılı kış mevsiminde Bayburt çıkışında ölçülmüştür (Şekil 21). Ortalama potasyum konsantrasyonu 2.15±0.79 olarak bulunmuştur. İstasyonlar arasındaki fark anlamlı (p<0.05) bulunurken,

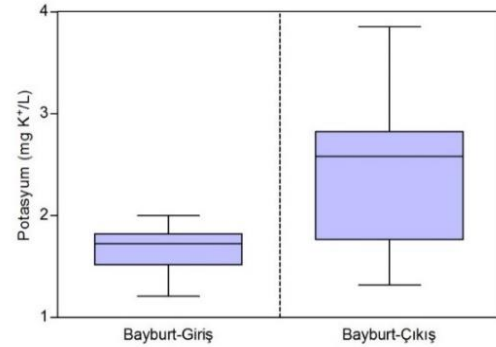
mevsimler arasındaki farklılığın anlamlı (p>0.05) olmadığı saptanmıştır.



Şekil 20. Magnezyum konsantrasyonu



Şekil 21. Sodyum konsantrasyonu



Şekil 22. Potasyum konsantrasyonu dağımı

Kimyasal parametre ölçümleri bir akarsuya ait kısa süreli su kalitesi sonuçlarını verir. Bu ölçümler o istasyondaki o anlık su kalitesi hakkında bir fikir verir. Ancak sık aralıklarla yapıldığı takdirde kimyasal ölçümlerle bir veri tabanı oluşturulabilir ve su kalitesinde meydana gelen değişimler gözlenebilir (Küçük, 2007). Çoruh Nehri'nde iki yıl boyunca su kalite kriterlerinin mevsimsel olarak incelendiği bu çalışmada elde edilen bulgularla bu suyun kalitesi hakkında önemli veriler elde edilmiştir. Su kaynağının nitrit azotu ve oksijen doygunluğu dışında ölçülen bütün parametreler açısından Su

Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kriterlerine göre I. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

İyidere'nin (Trabzon) fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi konulu çalışmalarında Verep ve ark. (2005), su kirliliği açısından önemli bir problemin olmadığını belirterek su kaynağının iyi sayılabilecek kalitede olduğunu ancak bazı mineral tuzların balık yetiştiriciliği açısından yetersiz olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Küçük (2007), Büyük Menderes Nehrinde fiziksel (debi, sıcaklık, pH), kimyasal (çözünmüş oksijeni iyonize olmamış amonyak, nitrit, nitrat, alkalinite, toplam sertlik, sülfat), organik (toplam organik madde, BOİ, KOİ), inorganik (kalsiyum, magnezyum, sodyum, bor) ve bakteriyolojik (toplam koliform) parametreleri incelediği çalışmada bu on parametre açısından su kalitesinin düşük olduğunu belirtmiştir.

Kazancı ve ark. (2008) Yeşilirmak Nehri'nin en önemli kollarından olan Kelkit Çayı'nda yaptıkları çalışmada; Su Kirliliği Yönetmeliği Kıta İçi Su Kalite Standartları kullanılarak Kelkit Çayı'nda ortofosfat fosfor değerlerine göre bütün istasyonların su kalitelerinin I. ve III. sınıf değerleri arasında, nitrat azotu ve sülfat değerleri açısından I. sınıf kalitesinde, nitrit azotu değerlerine göre ise I ve IV. sınıf kalitesinde olduğunu bildirmişlerdir. Akarsuyun alt bölgelerindeki istasyonların en kirli istasyonlar olduğunu ve Kelkit çayının organik kirlilikten, habitatların fiziksel bozulmalarından ve barajların neden olduğu hidrolik rejim değişikliklerinden etkilendiğini bildirmiştir.

Bulut ve ark. (2012), Kestel Deresi'nde (Burdur) 2 istasyonda yaptıkları çalışma sonuçlarını EC Direktifi ve SKKY'ne göre değerlendirmiş ve 2. istasyonda su kalitesinin belirgin biçimde azaldığı, özellikle azotlu bileşiklerin artışına paralel olarak BOİ ve KOİ değerlerinde önemli artışlar olduğunu belirlemişlerdir.

Alpaslan ve ark. (2012), Keban Baraj Gölü su kalitesinin vertikal ve mevsimsel değişimini inceledikleri çalışmada yüzey ve 30 metre derinlikler arasındaki su kolonunda sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik, bazı katyonlar ve anyonları izlemişlerdir. Keban Baraj Gölü'nde haziran ve ağustos arasında sıcaklık tabakalaşması gözlenmiş, epilimnionun 10 metre derinliğe kadar genişlediği, hipolimnionun ise 20 metre derinliğin altında oluştuğu belirtilmiştir.

Çalışma süresince sıcaklık tabakalaşması döneminde epilimnionda kalsiyum ve bikarbonat, epilimnionun altında ise çözünmüş oksijenin belirgin şekilde azaldığı belirlenmiştir. Diğer katyon ve anyonların yıl boyunca su kolonunda neredeyse tekdüze miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Çalışma Keban Baraj Gölü'nün su kolonunda fizikokimyasal değişkenler arasındaki önemli ilişkileri açığa çıkarmıştır.

Küçükyılmaz ve ark. (2014), Işıktepe Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada gölü, düşük çözünmüş iyonik madde içeriği nedeniyle düşük elektriksel iletkenlik ve çözünmüş katı madde içeriğine sahip orta sert sulu alkali bir göl olarak karakterize etmişlerdir. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği A ve B grubu parametreleri bakımından baraj gölü "yüksek kaliteli" ve "az kirlenmiş" sınıflarına dahil edilmiştir.

Köktürk ve Atamanalp (2015), Tortum çayı ve kollarının su kalitesini Su Çerçeve Direktifi ve Su Kirliliği Yönetmeliği Kıta İçi Su Kalite Standartlarına göre değerlendirdikleri çalışmada; Tortum Çayı ve kollarının su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve sülfat değerleri hariç diğer parametreler açısından düşük kaliteli su standartlarında olduğunu bildirmiştir.

Varol (2015) tarafından Dicle Baraj Gölü su kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmesi konulu çalışmada, bölge için önemli bir su kaynağı olan Dicle Baraj Gölü'nün, fiziko-kimyasal parametreler açısından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki kıta içi su kalite sınıflarına göre yüksek kaliteli sular sınıfına girdiği belirtilmiştir.

Birici ve ark. (2016), Refahiye Köroğlu Deresi (Erzincan) Sularının Balık Yetiştiriciliği ve Su Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi konulu çalışmalarında, genel olarak tüm su kalitesi parametrelerinin balık yetiştiriciliği için uygun bulunduğunu, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kriterlerine göre ise elektriksel iletkenlik ve NO₂ değerleri açısından II. sınıf su kalitesinde diğer parametreler açısından ise I. sınıf kalitede olduğunu bildirmişlerdir.

SONUÇ

Örnek noktaları arasında ve mevsimler arasında su kalite parametrelerindeki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan ANOVA analizine göre istasyonlar arasında potasyum ve klorür, mevsimlere göre ise sıcaklık

ve çözülmüş reaktif fosfor arasında % 95 güven aralığında istatistiksel olarak farklılığın anlamlı olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; su kaynağının çözülmüş oksijen doygunluğu ve nitrit parametreleri açısından II. sınıf, diğer parametreler açısından ise I. sınıf su kalitesine sahip olduğunu tespit edilmiştir. Çoruh Nehri'nde evsel ve tarımsal faaliyetler sonucu bir kirlenmeden bahsetmek gerekirse de bu durumun henüz su kaynağını tehdit eder bir durumda olmadığı söylenebilir. Ancak evsel atıksuların doğrudan alıcı ortama boşaltılmasının önlenmesi su kaynağının kalitesinin daha fazla bozulmasını önleyici tedbirlerin başında gelmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma "Yukarı Fırat Havzası Yüzeysel Sularının Kalite ve Yetiştiricilik Açısından Araştırılması" projesi kapsamında yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

- Alpaslan, K., Sesli, A., Tepe, R., Özbey, N., Birici, N., Şeker, T., Koçer, M.A.T.,** 2012. Vertical and seasonal changes of water quality in Keban Dam Reservoir. *Journal of Fisheries Sciences*, 6 (3): 252-262.
- Anonim,** 2004. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği. 31 Aralık 2004 Tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonim,** 2008. Su kirliliği kontrol yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. Resmi Gazete, 13 Şubat 2008, Sayı:26786, Ankara
- Arrignon, J.,** 1976. Aménagement ecologique et piscicole des eaux douces. Bordas, 32, Paris.
- Birici, N., Saatçi, Y., Güneş, M., Bayraktar, K., Şeker, T., Karakaya, G.,** 2016. Refahiye köroğlu deresi (Erzincan) sularının balık yetiştiriciliği ve su kalitesi açısından değerlendirilmesi, Uluslararası Erzincan Sempozyumu Bildiri Kitabı, 28 Eylül-01 Ekim 2016, 3:613-630.
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Çınar, Ş., Küçükçara, R., Savaşer, S., Tokatlı, C., Öztürk, G.N., Köse, E.,** 2012. Kestel deresi (Burdur) su kalitesinin belirlenmesi ve alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28: 1-10.
- Dauba, F.,** 1981. Etude comperative de la fauna des poissons dans les ecosytemes de deux reservoirs, Luzech (Lut) et Chastang (Dordogone): These de troisieme cycle L'Institut National Polytechnique de Toulouse, 179.

- Gültekin, F., Dilek, R., Fırat Ersoy, A., Ersoy, H.,** 2005. Water quality of lower değırmendere (Trabzon) basin, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29 (1): 21-34.
- Kazancı, N., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Gültutan, Y., Ekingen, P., Öz, B.,** 2008. A reserach on water quality of Kelkit Stream using benthic macroinvertebrates and physicochemical variables, *Review of Hydrobiology*, 2:145-160.
- Köktürk, M., Atamanalp, M.,** 2015. Tortum çayı ve kollarının (Erzurum/Türkiye) su kalitesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(1):49-55.
- Küçük, S.,** 2007. Büyük Menderes nehri su kalite ölçümlerinin su ürünleri açısından incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1-2):7-13.
- Küçükyılmaz, M., Örnekeçi, G.N., Uslu, A.A., Özbey, N., Şeker, T., Birici, N., Yıldız, N., Koçer, M.A.T.,** 2014. Işıktepe baraj gölü (Maden, Elazığ) kıyı bölgesi fizikokimyasal su kalitesi üzerine ilk bulgular. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2:55-63.
- Kiveşkan, Ü.,** 2014. Sorun da çözüm de insan. <http://www.haber2e.com/sorun-da-cozumde-insan-makale.265.html>, 08 Ocak 2014.
- Shiklomanov, I.A., ve Rodda, J.C.,** 2003. World water resources at the beginning of the 21st century, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 18s.
- Şişli, M.N.,** 1999. Çevre Bilim Ekoloji. Gazi Kitapevi, Ankara.
- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M. S.,** 2008. Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1): 119-127.
- Varol, M.,** 2015. Dicle Baraj Gölü su kalitesinin su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre değerlendirilmesi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2(1): 85-91.
- Verep B, Serdar O, Turan D, Şahin C.,** 2005. İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 57:26-35.
- Wetzel, G.R., Likens, G.E.,** 2000. Limnological analyses. Third Edition
- Yılmaz, F.,** 2004. Mumcular barajı (Muğla-Bodrum)'nın fiziko-kimyasal özellikleri. *Ekoloji*, 50:10-17.